

## Method for monitoring the thickness of the brake linings of a vehicle braking system

**Patent number:** DE10029238

**Publication date:** 2001-12-20

**Inventor:** BELZNER ULRICH (DE); SOKOLL GUENTHER (DE)

**Applicant:** BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (DE); BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- **international:** F16D66/02; B60T17/22

- **european:** B60T17/22; F16D66/02B

**Application number:** DE20001029238 20000614

**Priority number(s):** DE20001029238 20000614

**Also published as:**



US6655502 (B2)  
US2002046909 (A1)  
GB2363436 (A)  
FR2810383 (A1)

Abstract not available for DE10029238

Abstract of corresponding document: **US6655502**

A method for monitoring the thickness of at least one friction partner of a vehicle friction brake, especially the brake linings of a vehicle braking system; for each braking action, the actuating time, the applied braking pressure, the relative speed between the brake lining and the moving brake element, as well as the prevailing temperature in this region, being taken into account in a wear model in such a manner, that the wear determined by the wear model is subtracted from a starting thickness of the friction partners, in particular, the brake linings, and each wheel of the vehicle being monitored individually. A preferred polynomial formulation is specified for the wear model. In the brake lining, at least one wear stamp can also be provided, upon reaching which the current, existing brake lining thickness and/or the polynomial formulation may be appropriately corrected.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 100 29 238 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:  
**F 16 D 66/02**  
B 60 T 17/22

**DE 100 29 238 A 1**

⑯ Aktenzeichen: 100 29 238.0  
⑯ Anmeldetag: 14. 6. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 20. 12. 2001

⑯ Anmelder:

Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE; Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Sokoll, Günther, 82140 Olching, DE; Belzner, Ulrich,  
71701 Schwieberdingen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 43 16 993 C2  
DE 196 09 106 A1  
DE 35 02 052 A1  
DE 34 07 716 A1  
EP 05 98 997 B1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zur Überwachung der Stärke der Bremsbeläge einer Fahrzeug-Bremsanlage

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Stärke zumindest eines Reibungspartners einer Fahrzeug-Reibungsbremse, insbesondere der Bremsbeläge einer Fahrzeug-Bremsanlage, wobei die Betätigungszeit, der Brems-Betätigungsdruck, die Relativgeschwindigkeit zwischen Bremsbelag und bewegtem Bremsenelement sowie die in diesem Bereich herrschende Temperatur in einem Verschleißmodell berücksichtigt werden, derart, daß, ausgehend von einer Anfangs-Stärke der Reibungspartner, insbesondere der Bremsbeläge, der anhand des Verschleißmodells festgestellte Verschleiß subtrahiert wird, und wobei die Überwachung für jedes Rad des Fahrzeugs individuell erfolgt. Angegeben ist ein bevorzugter Polynomansatz für das Verschleißmodell. Ferner kann im Bremsbelag zumindest eine Verschleißmarke vorgesehen sein, bei Erreichen derer die in der Modellrechnung vorliegende aktuelle Bremsbelag-Stärke und/oder der Polynomansatz ggf. entsprechend korrigiert wird.

**DE 100 29 238 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Stärke zumindest eines Reibungspartner einer Fahrzeug-Reibungsbremse, insbesondere der Bremsbeläge einer Fahrzeug-Bremsanlage, wobei für jeden Bremsvorgang die 5 Betätigungszeit, der Brems-Betätigungsdruck, die Relativgeschwindigkeit zwischen Bremsbelag und bewegtem Brems- element sowie die in diesem Bereich herrschende Temperatur in einem Verschleißmodell berücksichtigt werden, derart, daß ausgehend von einer Anfangs-Stärke der Reibungspartner, insbesondere der Bremsbeläge, der anhand des Verschleißmodells festgestellte Verschleiß subtrahiert wird.

[0002] Zum technischen Umfeld wird neben der DE 34 07 716 A1 auf die DE 43 16 993 C2 verwiesen.

[0003] In Kraftfahrzeugen müssen in regelmäßigen Abständen die Bremsscheiben und insbesondere Bremsbeläge auf 10 ihren Verschleißzustand durch teilweise aufwendige Kontrollen oder Sichtprüfungen überprüft werden. Bekannt ist es darüber hinaus, zur Sensierung des Verschleißzustandes der Bremsen, insbesondere des maximal zulässigen Verschleißes der Bremsbeläge von Scheibenbremsanlagen, entweder einen im Bremsbelag integrierten, elektrisch leitenden Schleif- kontakt oder alternativ einen separat im bzw. am Bremsbelag angebrachten Verschleißsensor (sog. "Verschleißpille") mit 15 einem oder mehreren innenliegenden Schleifkontakten vorzusehen. Bei einem definierten kritischen Verschleißmaß des Bremsbelages bzw. bei Freilegen des Verschleißsensors kommt – je nach konstruktiver Ausführungsform – eine elek- trisch leitende Kontaktstelle mit der Bremsscheibe in Berührung, wodurch ein elektrischer Kurzschluss hervorgerufen wird, oder es wird eine elektrische Kontaktstelle unterbrochen, d. h. es erfolgt eine Unterbrechung eines von außen 20 aufgeprägten elektrischen Stromflusses. Die jeweilige Änderung des elektrischen Zustandes kann dann über eine geeig- nete Auswerte- und Anzeigeeinheit dem Fahrer mitgeteilt werden. Zumeist erfolgt diese Anzeige durch Ansteuerung ei- ner Bremsenwarnleuchte in der Armaturentafel des Kraftfahrzeugs, wodurch der Fahrer auf einen erforderlichen Aus- tausch des Bremsbelages hingewiesen wird.

[0004] Die soweit beschriebene Technik der Verschleißsensierung und Anzeige erlaubt im allgemeinen aufgrund kon- struktiver Gegebenheiten und der hochthermischen Belastung der Bremsbeläge bzw. Verschleißsensoren lediglich die 25 Darstellung einzelner weniger, diskreter Verschleißstufen eines Fahrzeug-Bremsbelages. Um einer längerfristigen Über- blick über einen ggf. erforderlichen Bremsbelagwechsel zu haben, wäre jedoch eine kontinuierliche Evaluierung und An- zeige des Verschleißzustandes von Fahrzeug-Bremsbelägen wünschenswert.

[0005] Dies ist grundsätzlich mit einem Simulationsmodell möglich, d. h. aus der festgestellten Beanspruchung der Bremsbeläge wird deren Abrieb bzw. Verschleiß kontinuierlich berechnet. Dies ist prinzipiell in der eingangs genannten 30 DE 34 07 716 A1 beschrieben, die eine Einrichtung und ein Verfahren zum Messen der Stärke von Verschleißteilen, ins- besondere zum Überwachen der Bremsbeläge in einem Kraftfahrzeug zum Inhalt hat. Um den Verschleiß dieser Ver- schleißteile bzw. Bremsbeläge angeben zu können, wird bei jedem Bremsvorgang die Betätigungszeit, der Brems-Betätig- 35 ingsdruck und die Relativgeschwindigkeit der Verschleißteile (d. h. des Bremsbelages gegenüber der Bremsscheibe oder allgemein gegenüber einem sog. bewegten Bremslement) gemessen und in einem Auswertegerät anhand eines darin gespeicherten sog. Verschleißmodells ausgewertet und das entsprechende Ergebnis angezeigt.

[0006] Weiteren Stand der Technik in diesem Zusammenhang bildet die eingangs ebenfalls genannte DE 43 16 993 C2, worin ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands einer Fahrzeugbremsanlage beschrieben ist, bei 40 dem zur Bremsbelag-Reststärkenbestimmung die Werte von die Bremsbelag-Reststärke beeinflussenden Größen wäh- rend der Dauer eines jeden Bremsvorgangs ermittelt wird, und wobei die bei jedem Bremsvorgang von jedem Bremsbelag jeweils zu verrichtende Reibungsarbeit und Reibungsleistung unter Verwendung dieser ermittelten Werte berechnet 45 und zur Ermittlung der Bremsbelag-Reststärke herangezogen werden. Dabei sind zunächst die anfänglichen Stärken- werte der Bremsbeläge abgespeichert, und es werden als die Bremsbelagreststärke beeinflussende Größen wenigstens das Fahrzeuggewicht, die Fahrzeuggewicht, die Rotationsbewegung der Räder und die Fahrbahnneigung als die Ener- giebilanz des Fahrzeugs bestimmende Meßgrößen herangezogen. Beim jeweiligen Bremsvorgang wird dann die verrich- 50 tete Reibungsarbeit unter Verwendung der Meßwerte für die die Energiebilanz des Fahrzeugs bestimmenden Meßgrößen durch eine Energiebilanzbetrachtung berechnet und es werden unter Verwendung der berechneten Reibungsarbeit, der ermittelten Meßwerte sowie einer zugehörigen, abgespeicherten sog. Abriebdicke-Reibungsarbeit-Kennlinie die dem je- weiligen Bremsvorgang zugeordneten Abriebdickenwerte der Bremsbeläge ermittelt, wonach die für den jeweiligen Bremsvorgang ermittelten Abriebdickenwerte der Bremsbeläge von den vor diesem Bremsvorgang vorliegenden Rest- 55 stärkenwerten subtrahiert und die neu bestimmten Reststärkenwerte abgespeichert werden.

[0007] Mit zunehmendem Einsatz von Fahrstabilitäts-Regelsystemen an Kraftfahrzeugen erfolgt zunehmend eine ra- dindividuelle Abbremsung, d. h. es wird bspw. bei einem vierrädrigen Personenkraftwagen nur das linke Hinterrad ab- gebremst oder es wird das rechte Hinterrad stärker abgebremst als das linke Vorderrad. Naturgemäß führt dies zu unglei- chem Verschleiß an den einzelnen Bremsbelägen der einzelnen Fahrzeugräder, so daß ein globales Simulations- oder 60 Verschleißmodell, wie es im bekannten Stand der Technik, d. h. in den beiden gewürdigten Schriften, beschrieben ist, keine ausreichend genauen Resultate liefert.

[0008] Ein diesbezüglich verbessertes Verfahren zur Überwachung der Stärke der Bremsbeläge einer Fzg.-Bremsan- lage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung. Die Lösung die- 65 ser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachung für jedes Rad des Fahrzeuges individuell erfolgt. Vorteil- hafte Weiterbildungen sind Inhalt der Unteransprüche.

[0009] Vorgeschlagen wird somit eine kontinuierlich arbeitende Verschleißanzeige insbesondere für den Bremsbelag, ggf. jedoch auch für die beiden Reibungspartner einer Fahrzeug-Reibungsbremse, die auf einem softwaremäßig in einer elektronischen Steuereinheit implementierten Berechnungsalgorithmus basiert, und über den radindividuell eine fortlaufende (virtuelle) Verschleißdetektion (insbesondere für den Bremsbelag) im Fahrbetrieb möglich ist, und zwar für jedes Fahrzeugrad separat. Abgerufen bzw. angezeigt werden kann somit die Reststärke jedes einzelnen Bremsbelages, so daß bei Überschreiten des zulässigen Verschleißes gezielt nur derjenige Bremsbelag gewechselt werden muß, dessen Ver- 70 schleißzustand als kritisch erkannt wird. Bei einem derartigen gezielten Bremsbelag-Austausch ist es dann nicht nötig, die Bremsbeläge der anderen Fahrzeugräder zu kontrollieren und auszutauschen, es sei denn, deren individuell festge-

stellter Verschleißzustand bzw. deren Reststärke liegt auch bereits nahe dem für einen Austausch kritischen Wert. Mit radindividuell arbeitenden Verschleißmodellen können somit fahrtzustandsabhängig unterschiedliche Verschleißbelastungen an einzelnen Radbremsen (bspw. hervorgerufen durch Anfahren mit Bremseneingriff für eine Antriebsschlupfregelung oder durch unterschiedliche Fahrbahnverhältnisse an den rechten und linken Fzg.-Rädern oder dgl.) und somit Betriebszustände mit ungleicher Bremsenabnutzung sowie deren Auswirkung berücksichtigt werden.

[0010] Es ist somit möglich, dem Fahrer eines Fahrzeuges, welches mit einer nach dem erfundungsgemäßen Verfahren arbeitenden elektronischen Steuereinheit bzw. Überwachungseinheit ausgestattet ist, im laufenden Fahrbetrieb eine kontinuierliche Anzeige des Verschleißzustandes der Betriebsbremse, uns zwar grundsätzlich sowohl der Bremsbeläge als auch von deren Reibpartnern, d. h. der radindividuellen Bremsscheiben oder dgl., darzustellen. Darüber hinaus ist es für die Servicewerkstätten möglich, mit geeigneten Einrichtungen den aktuellen Bremsenverschleißzustand einzelner Radbremsen zu diagnostizieren, ohne dass die Radbremsen selbst einer aufwendigen Kontrolle oder Sichtprüfung unterzogen werden müssen.

[0011] Im Sinne einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann aus der Rest-Stärke eines Reibungspartners, insbesondere Bremsbelages, dessen bis zu einem Austausch vorhandene Restlaufleistung in einem Schätzmodell ermittelt und angezeigt werden. Dem Fahrer bzw. Nutzer des Fahrzeuges wird dann in äußerst komfortabler Weise angezeigt, wann er mit einem Austausch eines Bremsbelages, allg. Reibungspartner der Fzg.-Reibungsbremse, rechnen muß. Relativ einfach kann dies erfolgen, wenn bspw. empirisch ermittelte Zusammenhänge zwischen der Rest-Stärke und der (auf das Fahrzeug bezogenen) Restlaufleistung in einer Kennlinie oder einem Kennfeld abgelegt sind.

[0012] Grundsätzlich kann mit Hilfe eines erfundungsgemäß zum Einsatz kommenden Verschleißmodells auf den Einsatz von eingangs genannten Bremsbelag-Verschleißsensoren verzichtet werden, was neben einer Gewichtseinsparung insbesondere Kosteneinsparungen zur Folge hat. Andererseits kann eine Kombination mit einer zusätzlich verbauten Verschleißsensorkit an den Fahrzeugbremsen vorgesehen sein. Wenn nämlich im Bremsbelag zumindest ein Verschleißsensor, auch Verschleißmarke genannt ("Verschleißpille" oder dgl.), vorhanden ist, so kann bei Erreichen dieser Verschleißmarke in der die geschilderte Überwachung ausführenden elektronischen Steuereinheit bzw. Überwachungseinheit die aufgrund der entsprechenden Modellrechnung vorliegende aktuelle Bremsbelag-Stärke (ebenfalls wieder radindividuell) korrigiert werden, falls dies erforderlich ist.

[0013] Dabei kann neben der Korrektur der Bremsbelagstärke auch eine Korrektur des Verschleißmodells selbst durchgeführt werden, insbesondere durch Aufnahme eines geeigneten multiplikativen Korrekturfaktors in den Polynomansatz für das Verschleißmodell. Hiermit können besondere Verschleißzustände berücksichtigt werden, die vom üblichen Berechnungsalgorithmus nicht ohne weiteres erfasst werden können, wie bspw. Extremfahrten im Gelände mit hohem Schmutz- oder Sandanteil, wodurch bekanntermaßen erhöhter Verschleiß auftreten kann, aber auch unterschiedliche Qualitäten der Bremsbeläge hinsichtlich ihres Abriebverhaltens. Die anhand einer Verschleißmarke mögliche Korrektur geht somit in die weitere, zukünftige Verschleißberechnung mit ein, wobei der sog. Verschleiß-Korrekturfaktor oder dgl. für das Verschleißpolynom in der elektronischen Überwachungseinheit abgespeichert und bei der weiteren Berechnung immer mit berücksichtigt wird.

[0014] Bei Erreichen einer ggf. weiteren Verschleißmarke im Bremsbelag kann dann eine neue Korrektur erfolgen, d. h. ein ggf. neuerlicher Verschleiß-Korrekturfaktor ermittelt werden. Auch nach einem Austausch des Bremsbelages und nach damit erfolgter Rückstellung der Werte für die Belag-Stärke (und ggf. Restlaufleistung) geht dieser abgelegte Verschleiß-Korrekturfaktor solange in die Verschleißberechnung mit ein, bis wieder eine Verschleißmarke erreicht wird. Im übrigen können radindividuell oder zumindest achsenindividuell unterschiedliche Verschleiß-Korrekturfaktoren vorgesehen sein, um die Genauigkeit der Berechnung weiter zu steigern, d. h. aufgrund unterschiedlicher Bremsenauslegung für die Vorderachse sowie Hinterachse eines PKW's existieren dann unterschiedliche Verschleiß-Korrekturfaktoren für das Verschleißpolynom.

[0015] Was den Berechnungsalgorithmus zur Bremsbelag-Verschleißbestimmung betrifft, so basiert dieser auf der physikalischen Annahme, dass der Verschleiß proportional zu der in der Bremse umgesetzten Leistung ist, d. h. proportional dem Produkt aus Bremskraft bzw. Brems-Betätigungsdruck und Radgeschwindigkeit (= Relativgeschwindigkeit der Reibpartner, nämlich zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe oder dgl., allgemein zwischen dem Bremsbelag und dem bewegten Bremselement) ist. Zusätzlich können dabei auch die der jeweiligen Fahrzeugbremse zugrunde liegenden thermodynamischen, strömungstechnischen, tribologischen sowie geometrischen Kenngrößen von Bedeutung sein, d. h. Temperatureinflüsse, sowie Einflüsse durch die Fahrzeug-Geschwindigkeit und das Reibwertverhalten zwischen den Reibpartnern, d. h. zwischen dem Bremsbelag und dem sog. bewegten Bremselement.

[0016] Da diese genannten physikalischen Beschreibungsgrößen der Bremse nicht einfach zugänglich bzw. nicht ohne weiteres bestimmbar sind, wird weiterhin vorgeschlagen, die sog. Verschleißfunktion bzw. das der Berechnung des Bremsenverschleißes dienende sog. Verschleißmodell in Abhängigkeit der vorgenannten physikalischen Größen über eine empirische Näherungsfunktion nachzubilden. Unter der Annahme, daß der Einfluss der Temperatur auf den Reibwert zwischen den Reibpartnern, (d. h. zwischen Bremsbelag und bspw. Bremsscheibe) in erster Näherung gering ist, und eine geometrische Abhängigkeit nicht nennenswert ist, ergibt sich dann für diese Näherungsfunktion ein über der Zeit  $t$  differenzierter Polynomansatz, der auch als Verschleiß-Polynom bezeichnet werden kann, wie folgt:

$$dV = (A_n \vartheta^n + A_{n-1} \vartheta^{n-1} + \dots + A_0) \cdot (B_m p^m + B_{m-1} p^{m-1} + \dots + B_0) \cdot (C_k u^k + C_{k-1} u^{k-1} + \dots + C_0) \cdot dt,$$

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

65

wobei "V" der Verschleißabrieb in der physikalischen Einheit [Weg/Zeit] ist, " $\vartheta$ " für die Temperatur der Bremse in [Kelvin] oder [°C] steht, "p" den Brems-Betätigungsdruck in [bar] und "u" die Relativgeschwindigkeit zwischen den Reibpartnern (Bremsbelag und bspw. Bremsscheibe), und somit also die Radgeschwindigkeit in [m/s] oder [km/h] darstellt. Bei " $A_n \dots A_0, B_m \dots B_0, C_k \dots C_0$ " handelt es sich um konstante, fahrzeug-bremsanlagenspezifische Koeffizienten.

[0017] Mathematisch betrachtet kann somit die Berechnung des Verschleißmaßes eines radindividuellen Bremsbelages oder Reibpartners im Bremsfall durch Integration dieses genannten Polynomansatzes mit sehr guter Genauigkeit beschrieben werden, wobei je nach Genauigkeitsanforderung insoweit eine Vereinfachung erfolgen kann, daß die Abhän-

gigkeit von den genannten Variablen  $\vartheta$ ,  $p$  und  $u$  jeweils in einem Polynom 2. Ordnung ausgedrückt wird, d. h. die im genannten Polynomansatz enthaltenen natürlichen Zahlen  $n$ ,  $m$  und  $k$  nehmen dann jeweils den Wert "2" an.

[0018] Wie bereits erwähnt sind die im genannten Polynomansatz enthaltenen Koeffizienten  $A_n \dots A_0$ ,  $B_m \dots B_0$ ,  $C_k \dots C_0$  fahrzeug- und bremsanlagenspezifische konstante Werte, die bevorzugt experimentell, entweder mittels Fahrversuch oder durch Prüfstandsversuche, aus mehreren Versuchsreihen rekursiv ermittelt werden können. Die weiteren in die Berechnung eingehenden Variablen bzw. Randbedingungen, nämlich die aktuelle Bremsentemperatur  $\vartheta$ , der radindividuelle Brems-Betätigungsdruck  $p$  zwischen den Reibpartnern, sowie die Relativgeschwindigkeit  $u$  zwischen den Reibpartnern, d. h. zwischen dem Bremsbelag und dem bewegten Bremselement, können durch Messungen oder durch parallel bevorzugt in der elektronischen Steuereinheit für die Fzg.-Bremsanlage o. ä. laufende Schätzalgorithmen bestimmt werden.

[0019] Selbstverständlich kann das Verschleißmodell bzw. der hierfür genannte Polynomansatz erweitert werden, so bspw. um eine sog. Reibwertfunktion, die die Abhängigkeit des Reibwertes zwischen den Reibpartnern von der Bremsentemperatur  $\vartheta$  berücksichtigt und weiterhin – falls erforderlich – um weitere Parameter, die bspw. geometrische Einflußgrößen berücksichtigen, so insbesondere eine sog. flächengeometrische Einflussfunktion zwischen Bremsbelag und bewegtem Bremselement. Auch ist es zusätzlich möglich, besondere Verschleißzustände zu erfassen, die vom bislang beschriebenen Berechnungsalgorithmus nicht berücksichtigt werden können, wie bspw. Extremfahrten im Gelände mit hohem Schmutz- oder Sandanteil, wodurch bekanntermaßen erhöhter Verschleiß auftreten kann, und zwar durch additive oder multiplikative Glieder im Verschleißmodell bzw. im entsprechenden Polynomansatz.

[0020] Der Ablauf einer erfahrungsgemäßen radindividuellen Verschleißberechnung bzw. Reststärken-Berechnung an der jeweiligen Bremse, insbesondere für den jeweiligen Bremsbelag kann dann folgendermaßen sein: Mit Inbetriebnahme des Fahrzeuges wird der aktuelle Verschleißzustand bzw. die sog. Anfangs-Stärke des Bremsbelags in einer zugehörigen elektronischen Überwachungseinheit aus einem Speicher geholt, der insbesondere auch bei stillgesetztem Fahrzeug Werte zu speichern in der Lage ist, also bspw. als EEPROM ausgebildet ist. Bei jedem Bremsvorgang erfolgt für jede Rad-Bremse einzeln anhand der individuell gemessenen oder geschätzten aktuellen Werte für die Bremsen-Temperatur  $\vartheta$ , den Brems-Betätigungsdruck  $p$  und die Relativgeschwindigkeit  $u$  zwischen Bremsbelag und bewegtem Bremselement (d. h. zwischen den Reibpartnern) die Bestimmung des dabei auftretenden Verschleißes  $V$ , wobei nicht nur der Verschleiß des Bremsbelages, sondern auch derjenige des bewegten Bremselementes, bspw. der Brems scheibe, bestimmt werden kann.

[0021] Dies erfolgt bevorzugt anhand des bereits beschriebenen Verschleißmodells, d. h. mathematisch durch Integration der (bevorzugten) Gleichung

$$dV = (A_2\vartheta^2 + A_1\vartheta + A_0) \cdot (B_2p^2 + B_1p + B_0) \cdot (C_2u^2 + C_1u + C_0) \cdot dt$$

über der Zeitspanne  $t$  dieses Bremsvorganges, wonach der nunmehr aktuelle neue Verschleißzustand dadurch bestimmt wird, daß von der vorangegangenen Reststärke oder Anfangs-Stärke des Bremsbelages der nunmehr aus dem aktuellen Bremsvorgang resultierende Verschleiß subtrahiert wird. Anhand des neuen Verschleißzustandes bzw. der neuen Reststärke, die für den nächsten Bremsvorgang die sog. Anfangs-Stärke darstellt, kann im übrigen für jeden Bremsbelag jedes Fahrzeuggrades individuell eine verbleibende Restlaufleistung berechnet werden, nach welcher ein Austausch des Bremsbelages (bspw. allgemein eines Reibpartners der Fzg.-Reibungsbremse) erfolgen sollte.

[0022] Wird während eines Bremsvorganges eine weiter oben bereits erwähnte Verschleißmarke in einem der Bremsbeläge erreicht, so liegt für diesen Bremsbelag individuell ein geometrisch exakt definierter Verschleißzustand bzw. eine geometrisch exakt definierte Reststärke vor, so daß in der elektronischen Überwachungseinheit eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden kann, d. h. es kann dieser festgestellte Wert eingesetzt und als aktueller Wert für die Bremsbelag-Stärke abgespeichert werden, wobei auch die bereits erläuterte Ermittlung eines sog. Verschleiß-Korrekturfaktors für das Verschleißpolynom erfolgen kann, welcher dann für die weiteren Berechnungen verwendet wird. Selbstverständlich muß bei einem Austausch eines Bremsbelages der daraus resultierende neue Verschleißzustand bzw. dessen neue Reststärke bzw. sog. Anfangs-Stärke in der elektronischen Überwachungseinheit abgelegt werden, wobei noch darauf hingewiesen sei, daß durchaus eine Vielzahl von Details abweichend von obiger Erläuterung gestaltet sein kann, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

50

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Stärke zumindest eines Reibungspartners einer Fahrzeug-Reibungsbremse, insbesondere der Bremsbeläge einer Fahrzeug-Bremsanlage, wobei die Betätigungszeit ( $t$ ), der Brems-Betätigungsdruck ( $p$ ), die Relativgeschwindigkeit ( $u$ ) zwischen Bremsbelag und bewegtem Bremselement sowie die in diesem Bereich herrschende Temperatur ( $\vartheta$ ) in einem Verschleißmodell berücksichtigt werden, derart daß ausgehend von einer Anfangs-Stärke der Reibungspartner, insbesondere der Bremsbeläge, der anhand des Verschleißmodells festgestellte Verschleiß ( $V$ ) subtrahiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachung für jedes Rad des Fahrzeugs individuell erfolgt.

60 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verschleißmodell durch einen zumindest die folgenden Faktoren enthaltenden Polynomansatz gebildet ist:

$$dV = (A_n\vartheta^n + A_{n-1}\vartheta^{n-1} + \dots + A_0) \cdot (B_m p^m + B_{m-1} p^{m-1} + \dots + B_0) \cdot (C_k u^k + C_{k-1} u^{k-1} + \dots + C_0) \cdot dt,$$

65 mit  $A_n \dots A_0$ ,  $B_m \dots B_0$ ,  $C_k \dots C_0$  als konstanten, fahrzeug-bremsanlagenspezifischen Koeffizienten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Bremsbelag zumindest eine Verschleißmarke vorgesehen ist, bei Erreichen derer die in der Modellrechnung vorliegende aktuelle Bremsbelag-Stärke ggf. entsprechend korrigiert wird.

# DE 100 29 238 A 1

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß neben der Korrektur der Bremsbelagstärke auch eine Korrektur des Verschleißmodells durchgeführt wird, insbesondere durch Aufnahme eines geeigneten multiplikativen Korrekturfaktors in den Polynomansatz für das Verschleißmodell.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Rest-Stärke eines Reibungspartners, insbesondere Bremsbelages, dessen bis zu einem Austausch vorhandene Restlaufleistung in einem Schätzmodell ermittelt und angezeigt wird. 5

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65